



**University of
Zurich**^{UZH}

**Zurich Open Repository and
Archive**

University of Zurich
University Library
Strickhofstrasse 39
CH-8057 Zurich
www.zora.uzh.ch

Year: 2017

Mobiles Lernen für Industrie 4.0: Probleme, Ziele, Lernarrangements

Engelmann, Andreas ; Heinrich, Peter ; Schwabe, Gerhard

Abstract: Bestrebungen im Bereich Industrie 4.0 verändern die Rolle des Menschen in der Produktion nachhaltig. Dadurch verändern sich auch die Anforderungen an die Kompetenzen bei den Mitarbeitern. An hand des konkreten Fallbeispiels eines Unternehmens im Wandel (Segment Automobilzulieferer), zeigen wir Probleme der Personalentwicklung auf und erstellen konkrete Zielvorgaben an das Kompetenzmanagement. Eine besondere Herausforderung stellt die Transformation von fachspezifischen hin zu fachübergreifenden Aufgabenfeldern dar, ohne dabei langfristig Expertenwissen zu verlieren. Als möglichen Lösungsweg schlagen wir mobile Lernarrangements vor, welche dieses Wissen kapseln und individuell, dezentral und bedarfsgerecht zur Weiterbildung anbieten. Neu erarbeitetes, situatives Wissen erweitert diese Lernumgebung dabei sukzessiv. Der Artikel konkretisiert die Anforderungen an den Kompetenzaufbau im „Industrie 4.0“-Umfeld und leistet auch einen Beitrag zur praktischen Umsetzung.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.830284>

Posted at the Zurich Open Repository and Archive, University of Zurich

ZORA URL: <https://doi.org/10.5167/uzh-150212>

Conference or Workshop Item

Published Version

Originally published at:

Engelmann, Andreas; Heinrich, Peter; Schwabe, Gerhard (2017). Mobiles Lernen für Industrie 4.0: Probleme, Ziele, Lernarrangements. In: 13. Internationale Tagung Wirtschaftsinformatik (WI 2017), St. Gallen, Switzerland, 12 February 2017 - 15 February 2017, CERN Data Centre Invenio.

DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.830284>

Mobiles Lernen für Industrie 4.0: Probleme, Ziele, Lernarrangements

Andreas Engelmann¹, Peter Heinrich¹, Gerhard Schwabe¹

¹Universität Zürich, Institut für Informatik, Binzmühlestrasse 14, 8050 Zürich
{engelmann,peterhe,schwabe}@ifi.uzh.ch

Abstract. Bestrebungen im Bereich Industrie 4.0 verändern die Rolle des Menschen in der Produktion nachhaltig. Dadurch verändern sich auch die Anforderungen an die Kompetenzen bei den Mitarbeitern. Anhand des konkreten Fallbeispiels eines Unternehmens im Wandel (Segment Automobilzulieferer), zeigen wir Probleme der Personalentwicklung auf und erstellen konkrete Zielvorgaben an das Kompetenzmanagement. Eine besondere Herausforderung stellt die Transformation von fachspezifischen hin zu fachübergreifenden Aufgabenfeldern dar, ohne dabei langfristig Expertenwissen zu verlieren. Als möglichen Lösungsweg schlagen wir mobile Lernarrangements vor, welche dieses Wissen kapseln und individuell, dezentral und bedarfsgerecht zur Weiterbildung anbieten. Neu erarbeitetes, situatives Wissen erweitert diese Lernumgebung dabei sukzessiv. Der Artikel konkretisiert die Anforderungen an den Kompetenzaufbau im „Industrie 4.0“-Umfeld und leistet auch einen Beitrag zur praktischen Umsetzung.

Keywords: mobiles Lernen, Lernarrangements, Personalentwicklung, Industrie 4.0

1 Einleitung

In den letzten Jahrzehnten sind die Anforderungen an die Qualifikation der Mitarbeiter in nahezu jedem kleinen und mittelständischen Unternehmen, sowie auch in Großunternehmen der Fertigungsindustrie kontinuierlich gestiegen. Man geht davon aus, dass sich dieser Trend durch Entwicklungen in Richtung „Industrie 4.0“ noch verstärken wird. Die Produktionsstätten werden dabei grundlegend reorganisiert wobei den Menschen neue Rollen zukommen sollen [1]. Arbeitsabläufe werden flexibilisiert [2] wobei der zukünftige Produktionsmitarbeiter sich insbesondere durch seine Problemlösungsfähigkeiten auszeichnet und im Zusammenspiel mit der Automatisierung eine möglichst hohe Effizienz anstrebt. Ähnliche Konzepte zu Industrie 4.0 werden auch unter den Begriffen „Smart Manufacturing“ [3] oder „Advanced Manufacturing“ diskutiert [4]. Mitarbeiter werden sich in diesen Umgebungen situationsabhängig neues Spezialwissen in sich fortlaufend verändernden Arbeitsumfeldern aneignen müssen. Das einmalige Lernen von Faktenwissen muss daher einem individuellen „just-in-time“ Lernen von Spezialwissen weichen. Dieses Wissen ist aber meist „tacit“ oder „internalisiert“ (z.B. eigene Erkenntnisse oder

Intuitionen) wodurch es schwierig zu formalisieren und auf andere übertragbar ist [5]. Polanyi [6] führte den Begriff des taciten Wissen gar als umfassende Form der Erkenntnis ein, von dem sich nur ein kleiner Teil formalisieren und einfach übertragen lässt. Diese Übertragung kann mit den heute etablierten, oftmals stark standardisierten Lern- und Lehrsettings in Unternehmen nicht befriedigend erreicht werden. Nonaka und Takeuchi [5] bieten das SECI-Modell (Socialization, Externalization, Combination, Internalization) an, welches die kontinuierliche Transformation zwischen implizitem und explizitem Wissen beschreibt [5]. Daraus folgernd müssen Wege gefunden werden, neben dem expliziten Wissen auch das internalisierte (Erfahrungs-) Wissen verfügbar zu machen (Externalization) und individuell oder durch soziale Interaktion weiterzugeben (Socialization).

Mobiles Lernen ist in der Literatur als geeignetes Konzept beschrieben um Wissen individuell und kontextbezogen zu vermitteln [7, 8]. Dabei beschränken sich die Kontexte aber meist auf Situationen der reinen Wissensvermittlung, wie beispielsweise Universitäten [9] oder Museen [10]. Der von der Industrie geforderte arbeitsbegleitende Kompetenzaufbau wurde bisher nur unzureichend beleuchtet. Gerade die technische Fortentwicklung durch Sensorik und Vernetzung erweitern die Umsetzungsmöglichkeiten und bilden die Basis für völlig neue Lernarrangements im „Industrie 4.0“-Umfeld. Die Forschungsfrage lautet daher: „Wo liegen konkrete Potentiale für mobiles Lernen im „Industrie 4.0“-Kontext?“

Anhand des Fallbeispiels eines großen deutschen Automobilzulieferers, der sich gerade in einer Reorganisationsphase der Produktion befindet, konkretisieren wir diese Fragestellung und demonstrieren deren praktische Relevanz. Im Rahmen eines Design-Research-Projektes wollen wir in Zusammenarbeit mit diesem Unternehmen mobile Lernumgebungen „Industrie 4.0“-gerecht gestalten und real einführen. Dieser Artikel fokussiert dabei auf die ersten Phasen des Entwicklungszyklus; der Problemerkennung und Zieldefinition.

2 Grundlagen

Der richtige Umgang mit Wissen und Information ist grundlegend für den Unternehmenserfolg – in jeder Sparte und in jeder Unternehmensgröße. Grant [11] hat Wissen und den Umgang als das grundlegende Konzept für sein Modell „Towards a knowledge based theory of the firm“ benutzt und argumentiert, dass der primäre Zweck einer jeden Firma die Anwendung und Nutzung von Wissen ist. Dabei ist insbesondere zu beachten, dass es um das verkörperte Wissen geht – in den Köpfen der Mitarbeiter gleichermaßen wie auch verkörpert durch Produktionsmaschinen [11]. Grant argumentiert darüber hinaus, dass aufgrund der hohen Komplexität und der begrenzten Aufnahmefähigkeit der Menschen eine Spezialisierung der Arbeitskräfte unumgänglich ist, um das benötigte Wissen an den richtigen Stellen vorzuhalten [11].

Eine breit akzeptierte Definition für „Industrie 4.0“ lässt sich zum gegenwärtigen Zeitpunkt noch nicht finden. Die bestehenden Definitionsversuche sind bislang sehr komplex und beziehen sich meistens auf das Thema der Produktionsautomatisierung,

obwohl der Themenkomplex auch organisatorische und soziale Bereiche einschließt [12]. Für die Zwecke dieses Artikels legen wir Folgendes fest:

Als Industrie 4.0 verstehen wir technologieunterstützte Reorganisationen industrieller Arbeitsumgebungen mit dem Ziel einer menschenzentrierten Selbstorganisation der Abläufe. Diese Sichtweise ist kompatibel mit den bestehenden Definitionsversuchen [1, 12, 13], berücksichtigt aber insbesondere den Menschen in der Rolle des Entscheidungsträgers [14]. „Industrie 4.0“-Umgebungen synchronisieren dabei die digitale und physische Welt durch den Einsatz von Sensoren und Aktuatoren [14] und vernetzten zuvor isolierte Wissensinseln. Der Mensch soll dabei in der Rolle des Erfahrungsträgers, Entscheiders und Koordinators flexibel in die Arbeitswelt eingebunden bleiben [13]. Auch eine vollständig automatisierte und menschenleere Fabrik wäre zwar ein denkbare Zukunftsszenario, scheint aber unrealistisch [15]. Viel wahrscheinlicher hingegen wäre ein „Werkzeug“- oder „Hybrid-Szenario“, in welchem der Mensch die Kontrolle über die Prozesse behält [15]. Dies erfordert aber auch, dass sich die Mitarbeiter das notwendige Wissen über die Produktionsabläufe aneignen können, trotz eines höheren Grades an Automatisierung. Kagermann [13] stellt in Aussicht, dass Mitarbeiter in diesen Szenarien eben nicht nur als „Maschinenbediener“ fungieren sondern ein interdisziplinäres Wissen haben um adäquat auf die jeweilige Situation reagieren und entscheiden zu können. Somit ändern sich die Kompetenzanforderungen an den einzelnen Mitarbeiter grundlegend: Während in klassischen Produktionsumgebungen fokussiert Expertise in einem Spezialgebiet gefordert ist, zeichnen sich „Industrie 4.0“-Umgebungen durch einen breiten Kompetenzbedarf aus, der mehrere Fachdisziplinen vereint oder sogar ganz neue Berufsbilder hervorbringen soll [16].

2.1 Wissensmanagement während der Transition zu Industrie 4.0

Es stellt sich hierbei jedoch die Frage, wie eine Transformation in der Praxis erfolgen kann und was eine solche Umstellung hin zu flexibel einsetzbaren Mitarbeitern mit Breitenwissen für ein Unternehmen langfristig bedeutet.

Kompetenzaufbau erfolgt in konventionellen Unternehmen meist im Rahmen der Personalentwicklung (PE). Maßnahmen der PE unterstützen Mitarbeiter ihre Beschäftigungsfähigkeit in einem sich dynamisch veränderten Berufsumfeld zu erhalten [17]. Im Gegensatz zur Organisationsentwicklung zielt sie auf den einzelnen Menschen ab und fasst alle geeigneten und geplanten Anstrengungen zusammen, welche die individuelle berufliche Handlungskompetenz der Belegschaft entwickeln und erhalten [18]. Die PE folgt den Phasen (1) Bedarfsanalyse, (2) Konzeption, (3) Durchführung und (4) Transfer [19]. Während die Bedarfsanalyse und die Konzeption im Vorfeld einmal durchlaufen werden müssen, können die Durchführung und der Transfer wiederholt für jeden Mitarbeiter repetitiv stattfinden. Damit können im konventionellen Rahmen viele Mitarbeiter auf den gleichen Wissensstand gebracht werden. Durch die Flexibilisierung der Arbeit ist dies aber nicht mehr notwendig und muss stattdessen einem Prozess weichen, der das Lernen mit den tatsächlichen, individuellen Arbeitsprozessen synchronisiert [20]. Damit wird die Lernaktivität aber

auch nicht mehr von außen initiiert, d.h. der Bedarf wird nicht zentral erkannt (Bedarfsanalyse), sondern entsteht ad-hoc anhand der aktuellen Situation.

Dies erfordert den Einsatz *didaktischer Datenbanken*, welche die Lerninhalte modularisiert abspeichern und verteilt zur Verfügung stellen [20]. Mobile Endgeräte bringen den Zugang zu diesen didaktischen Datenbanken nahe an den Arbeitsplatz [21] oder in beliebige andere Kontexte. Je nach Lernziel ist der Kontext für die Wissensvermittlung aber entscheidend. So ist beispielsweise das Wissen über die Wartung einer Maschine in einem Seminarraum anders, als die Situation des Lernenden, wenn er in einer Werkhalle direkt vor der Maschine steht. Es gibt vier Kontexte, in denen Lernen stattfinden kann [7]: (1) *Irrelevanter Kontext*: der Lerner hat keine wesentliche Beziehung zur aktuellen Umgebung. (2) *Formalisierter Kontext*: Ein Ort mit einer organisatorischen Funktion, welcher eine Gruppe von Lernern innerhalb desselben Kontextes (z.B. Klassenraum) synchronisiert. (3) *Physischer Kontext*: Der Ort, an dem sich der Lerner aufhält, ist für das Lernen relevant. (4) *Sozialisierender Kontext*: Lerner teilen dauerhafte, zwischenmenschliche Beziehungen. Im physischen und sozialisierenden Kontext kann Lernen arbeitsprozess-begleitend erfolgen. Der physische Kontext ist dabei besonders relevant, da er eine direkte Kontextualisierung des Wissens anbietet: Informationen sind direkt am Ort des Geschehens verfügbar; der Lerner kann reale Erfahrungen sammeln und sein gelerntes Wissen anwenden und erweitern. Lernen durch Erfahrungsepisoden (vgl. *Experiential-Learning* [22]) gilt dabei als leistungsfähige Methode um kausale Zusammenhänge durch eigenes Erleben zu begreifen. Zwar rücken die Lerninhalte heute schon mit der Unterstützung durch mobile Technologien nahe an den Einsatzort heran, lassen sich aber trotzdem nicht vollständig darin integrieren. So bleiben z.B. die Transaktionskosten des einzelnen Mitarbeiters (suchen, konsumieren und anwenden) weiterhin bestehen. Die Frage wie diese Integration zu leisten ist bleibt unbeantwortet.

Einen Anhaltspunkt könnten die neuen Möglichkeiten geben, die im Rahmen einer „Industrie 4.0“-Vision technische Grundlagen schaffen könnten, um eine Umgebung zu erstellen die Lernkomponenten durch einen cyber-physischen Ansatz direkt in die Produktionsumgebung integriert. Dadurch werden die Produktionsmittel selbst Teil des Lernarrangements.

Die Erwartungen an diese technologische Entwicklung sind jedoch zum heutigen Zeitpunkt noch sehr spekulativ und reichen weit in die Zukunft. Visionen umfassen mehrere Stufen der Entwicklung von dem heutigen Bild der Fabrik als *Netzwerk mechatronischer Systeme* hin zu einer sich selbstoptimierenden, intelligent handelnden Produktionsumgebung [23]. Folgendes längeres Zitat zeigt wie weit diese Spekulationen gehen: „*Cyber-physische Systeme können ihre Umwelt unmittelbar mit ihrer entsprechenden Sensorik erfassen, sie mit Hilfe weltweit verfügbarer Daten und Dienste auswerten, speichern und sie können mit Hilfe von Aktoren auf die physikalische Welt einwirken. [...] Diese CPS können sich dann vernetzen und autonom und dezentral – also ganz im Zeichen dieser selbstähnlichen Produktionsfraktale – Netzwerke aufbauen und sich eigenständig selbst optimieren. Sie können im Zusammenspiel mit dem Menschen eigenständig Probleme lösen.*“ [1, Seite 16] Was jedoch fehlt ist eine realistische Betrachtung der kurzfristigen Potentiale, die mit dem heutigen Stand der Technik erreicht werden können, um die Grundlage für ein integriertes, mobiles Lernen auf dem Weg zur intelligenten Fabrik zu bilden.

In anderen Feldern werden aber schon heute kontextsensitive Lernumgebungen [24] erprobt. Zum Beispiel in der Medizin-Ausbildung. Hier existieren Ansätze, um das Lernsystem mit in Dummies verbauten Sensoren zu verbinden, wodurch das Lernsystem direkt Feedback über die ausgeführten Handlungen am Körper bekommt [25]. Auch im Industrieumfeld sind erste Praxisberichte verfügbar, die von einem erfolgreichen Einsatz von mobile Learning in der Produktion berichten [26]. Auch wurden beispielsweise in einem kollaborativen Action-Design-Research (ADR) Projekt zwischen 15 Industrieunternehmen der Raumfahrt- und Autoindustrie und dem Production Technology Center (PTC) der Universität West in Schweden über 2 Jahre hinweg eLearning Kurse entwickelt. Das Kurs-Design bestand aus formalen Vorlesungen und verfügbaren eLearning Technologien am Arbeitsplatz, zu Hause oder mobil [27].

Ein konkretes Vorgehen zur Umgestaltung der Personalentwicklung aufgrund der neuen Anforderungen ist noch wenig unterstützt. Mobiles kontextsensitives Lernen scheint hier Potential zu haben diese Lücke zu schließen. Bisherige Lösungen bringen die Lernumgebungen zwar nah an den Arbeitskontext, eine vollständige Einbettung ist mit den bisherigen mobilen Technologien aber noch problematisch. Durch die Entwicklungen und Visionen von Industrie 4.0 eröffnen sich grundlegend neue Möglichkeiten für die Erfassung und Interpretation des Arbeitskontextes, den Handlungen von Menschen und den Zuständen von Maschinen. Vor diesem Hintergrund fragen wir nach dem Potential von mobilem Lernen unter den geänderten Voraussetzungen durch Industrie 4.0.

3 Methode

Die Forschungsfrage soll mittels Design-Science [28] beantwortet werden. Dabei versucht Design Science im Allgemeinen menschliche und organisatorische Fähigkeiten durch die Gestaltung neuer Artefakte zu verbessern [28]. Insbesondere dort, wo ein Routine-Design aufgrund von fehlendem Wissen oder aufgrund der hohen Komplexität der Situation und der darin notwendigen menschlichen Interaktionen nicht zielführend ist, liegt die Stärke dieses Ansatzes [28]. Die Projektstruktur orientiert sich dabei an der Design-Science-Research-Methodology [29], die sich in sechs Phasen gliedert: (1) Problemidentifikation, (2) Definition des Ziels, (3) Design und Entwicklung, (4) Demonstration, (5) Evaluation und (6) Kommunikation.

In dieser Publikation stehen die beiden ersten Phasen im Vordergrund, wodurch wir generische Probleme von konventionellen Lernarrangements in „Industrie 4.0“-Umgebungen aufzeigen und anhand einer Fallstudie an einem konkreten Beispiel veranschaulichen und detaillieren. Dennoch entwerfen wir erste, mögliche und zukunftsstaugliche Lernarrangements für den diskutierten Fall.

Das Vorgehen ist kompatibel mit dem Evaluations-Framework von Sonnenberg und vom Brocke [30], die gezielte Evaluationsschritte nach jeder DSR-Aktivität des DSRM-Frameworks [29] vorsehen. In diesem Fall ist dies die Ex-Ante-Evaluation der Probleme. Konkrete und abstrakte Probleme sowie Lösungen halten wir mit Hilfe des Design-Theorizing Frameworks [31] auseinander. Wir beginnen also mit dem abstrakten Problem, welches durch die Fallstudie zum spezifischen Problem erweitert

wird und geben anschließend einen ersten Ausblick auf die abstrakte Lösung. Das abstrakte Problem beschreiben wir (analog zum Vorgehen der Explanatory Design-Theory [32]) mit Hilfe von Requirements, die als Gegebenheiten der Problemsituation (Conditions) und notwendige Fähigkeiten (Capabilities) der Akteure beschrieben werden.

4 Abstrakte Problemsituation

Ausgehend von den im Literaturteil aufgezeigten Grundlagen beschreiben wir in diesem Abschnitt die generischen Anforderungen an zukünftige Lernarrangements im Industrieumfeld. Wie im Literaturteil bereits ausgeführt ist die menschliche Kapazität für Wissensaufnahme begrenzt (**CON1**). Daraus folgt auch, dass nicht gleichzeitig Tiefenwissen in allen Bereichen erlangt werden kann [11] und daher bei Bedarf Wissen aufgebaut werden muss, sofern es noch nicht vorhanden ist. Eine weitere Gegebenheit entsteht durch die Vergänglichkeit von gelerntem Wissen (**CON2**): Wissen, das nicht aktiv benötigt wird, gerät in Vergessenheit [33]. Es sollte daher nur das Wissen vermittelt werden, das auch zeitnah in der Arbeitssituation benötigt wird. „Just-in-Case“-Lernen muss daher eher einem „Just-in-Time“-Ansatz weichen [34]. In einem formellen Lernkontext ist dies schwierig zu realisieren, weil der momentane Wissensbedarf instabil ist und sich auch der Anwendungszeitpunkt des vermittelten Wissens nur unscharf voraussagen lässt.

Daher formulieren wir folgende **generische Anforderung (CAP1)**: *Der zukünftige Lerner erhält Grundlagenwissen individualisiert, modularisiert und zeitlich flexibel.*

Wie allgemein gefordert, muss Erfahrungswissen auch erhalten werden. Zu einem gewissen Grad lässt sich dies durch sozialisierende Ansätze lösen. Dieser Ansatz stößt jedoch schnell an seine Grenzen, da das vermittelte Wissen nur innerhalb einer (kleinen) Gruppe von involvierten Akteuren verbleibt.

Daher formulieren wir folgende **generische Anforderung (CAP2)**: *Der zukünftige Lerner kann sein persönliches Erfahrungswissen an andere Lernende weitergeben und sein eigenes Wissen um das Erfahrungswissen anderer erweitern.*

Insbesondere dadurch, dass Lernen und Arbeiten zu einer untrennbaren Einheit werden soll, müssen sich die Lernaktivitäten zu einem Großteil nahtlos in die Arbeitsprozesse einfügen. Dabei soll der Wissenstransfer direkt am Arbeitsplatz ermöglicht werden.

Daher formulieren wir folgende **generische Anforderung (CAP3)**: *Der zukünftige Lerner verknüpft (z.B. durch Erfahrungsepisoden) selbstständig reale Problemlösungssituationen mit kontextspezifischen Lerninhalten und bindet Experten bei Bedarf ein.*

5 Fallstudie eines Unternehmens im Wandel zu Industrie 4.0

„[...] ich brauche einen Mitarbeiter, der Know-How hat von der spannenden Bearbeitung bis zur [...] prüftechnischen Ablaufprogrammierung. Und das ist natürlich ein enormes Spektrum an Fachkenntnis.“ (Zitat Führungskraft QS)

5.1 Betrachtetes Unternehmen

Die Automobilzulieferer AG (AZ AG) arbeitet schon im Wertstrom-Design und hat dieses jetzt bis auf Teamleiterebene heruntergebrochen. Zum Zeitpunkt der Erhebung ist diese Transformation bereits erfolgt und die Belegschaft arbeitet in diesem neuen Muster fachübergreifend. Besonders gut können sich die Auswirkungen dieser Transformation an den Kompetenzanforderungen der Mitarbeiter der Qualitätssicherung (QS) aufzeigen lassen, da diese Tätigkeit schon bisher informationslastig war und viel Erfahrungswissen von hoch spezialisierten Mitarbeitern gebildet wurde. Im neuen wertstromorientierten Design werden diese Spezialisierungs-Silos aufgebrochen und in fachübergreifenden Tätigkeiten entlang des Wertstroms transformiert. Der Wissensaustausch des erlernten spezifischen Wissens zwischen den Mitarbeitern der Qualitätssicherung bekommt damit einen höheren Stellenwert. Zusätzlich haben auch die Produktionsmitarbeiter eine erhöhte Eigenverantwortung für die Qualitätssicherung übernommen und müssen daher von der QS geschult werden.

Das Problem, welches wir hier betrachten können, erstreckt sich über zwei Phasen: (1) die Reorganisationsphase, in der die bestehende Belegschaft neu qualifiziert werden muss und (2) die kontinuierliche Phase in der das Wissen langfristig erhalten bleiben muss.

Zu beiden Phasen sammeln wir mit Hilfe einer Vor-Ort-Erhebung Probleme und setzen diese mit der Literatur in Verbindung.

5.2 Datenerhebung

Die Datenerhebung für die Fallanalyse fand zwischen 05.2015 und 11.2015 statt. An insgesamt 5 Tagen konnten im Unternehmen Beobachtungen gemacht und Interviews geführt werden. Insgesamt wurden 3 Interviews mit Produktionsmitarbeitern, 5 Interviews mit Mitarbeitern der Qualitätssicherung und 3 weitere Interviews mit Kontaktpersonen der QS im Unternehmen geführt. Die Interviewten der Produktion haben eine Berufserfahrung zwischen 5 und 27 Jahren, die der QS zwischen 6 und 33 Jahren und die Kontaktpersonen der QS haben bis zu 20 Jahre Erfahrung. Die Interviews mit der QS wurden über alle Hierarchieebenen geführt, vom Leiter der QS, über die Fachleiter bis hin zu den Prüfern. Die Interviews dauerten 33 bis 85, im Mittel etwa 50 Minuten. Sie wurden aufgezeichnet (Ton) und anschließend transkribiert. Die konkreten Probleme wurden aus den Interviews extrahiert, in Form von Problemszenarien dargestellt [vgl. 35] und dem Unternehmen anschließend zur Validierung in Schriftform zur Verfügung gestellt. Die Teilnehmer wurden vom Unternehmen vorgeschlagen. Die Teilnahme erfolgte auf freiwilliger Basis. Alle Befragten haben einen „Informed Consent“ unterzeichnet in dem sie über die ethischen Grundsätze und ihre Rechte aufgeklärt wurden – dazu gehörte insbesondere, dass die Weiterverarbeitung der Daten ausschließlich anonymisiert oder aggregiert erfolgt.

5.3 Konkrete Probleme der aktuellen Lernsituation im Unternehmen

Der Kompetenzaufbau bei der AZ AG findet zum heutigen Zeitpunkt in drei Stufen statt. Für neue Mitarbeiter wird dies formell in individuellen Einarbeitungsplänen festgehalten, für bestehende Mitarbeiter erfolgt dies bedarfsorientiert. Für die verschiedenen Stufen kommen unterschiedliche Lernarrangements zum Einsatz. Für Faktenwissen werden nach wie vor Grundlagenschulungen angeboten. Zum Transfer von Expertenwissen wird den auszubildenden Mitarbeitern ein Mentor zur Seite gestellt. In der letzten Stufe lernen die Beteiligten situativ vor Ort mit Unterstützung von erfahrenen Mitarbeitern bei Bedarf.

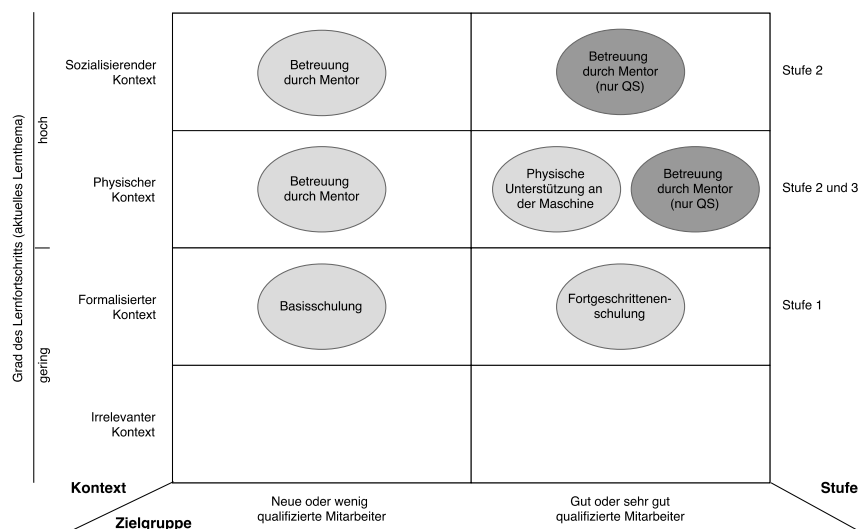


Abbildung 1. Aktuelle Lernarrangements bei der AZ AG

Viele Lernsituationen finden in der AZ AG mobil statt. Deshalb bietet es sich an, die Lernsituationen nach dem Mobile Learning Framework von Frohberg et al. [7] zu strukturieren, das Lernumgebungen in die vier Kontexte einteilt, welche bereits im Literaturteil beschrieben wurden. Da verschiedene Zielgruppen für die Arbeits- und Lernprozesse zentral sind, wird das Mobile Learning Framework um diese Dimension erweitert. Relevante Zielgruppen sind: wenig und gut bis sehr gut qualifizierte Mitarbeiter (diese können in Produktionsarbeiter auf dem Shopfloor und Mitarbeiter der Qualitätssicherung kategorisiert werden). Die Darstellung der Lernarrangements in Abbildung 1 zeigt den Zusammenhang zwischen Kontext und Zielgruppe, und der Zuordnung der Kontexte zu den drei Stufen.

Hierbei ist auch ersichtlich, für welchen Grad des Lernfortschritts des aktuellen Lernthemas der jeweilige Kontext eher geeignet ist (im physischen und sozialisierenden Kontext ist der Grund für das Lernen beispielsweise bereits vorhandenes Wissen anzuwenden und zu erweitern) [36]. Zur Erreichung der Qualifikation sind auf jeder Stufe Lernarrangements etabliert, welche im Folgenden auf ihre Probleme hin beschrieben werden.

5.3.1 Stufe 1: Mitarbeiterschulungen im formalisierten Kontext

Die aktuelle Praxis der Aus- und Weiterbildung bei der AZ AG basiert primär auf unterschiedlichen Arten von Schulungen und Workshops. Es gibt ein- bis zweitägige Basiskurse, die alle Mitarbeiter durchlaufen, um allgemeines Grundlagenwissen über Messmittel und deren Verwendung zu erhalten. Arbeitsplatzspezifische Wissensanforderungen werden über Einarbeitungspläne festgelegt:

„Im Einarbeitungsplan sind auch zum Beispiel Grundschulungen von allen Messmitteln, also Rundheitsmessgerät, Rauheitsmessgerät, Konturograph, Projektor, Optic Line [...] enthalten [...]“ (Zitat Führungskraft QS)

Weiterhin werden Schulungen für Fortgeschrittene angeboten, welche Prozesswissen (z.B. 5S, Kanban, Shopfloor-Management) vermitteln. Die Schulungen und Workshops werden sowohl für Produktionsmitarbeiter, als auch für Mitarbeiter der QS angeboten. Sie finden in einem formalisierten Kontext statt. Erfahrene Mitarbeiter der Qualitätssicherung bereiten diese Schulungen vor und planen die Termine zur Durchführung. Mitarbeiter der verschiedenen Abteilungen können dann an diesen Maßnahmen teilnehmen. Die Veranstaltungen finden in speziell dafür vorbereiteten Schulungsräumen und im Frontalunterricht statt. Dadurch entsteht das Problem (P1), dass die Mitarbeiter an einem bestimmten Zeitpunkt zu einem Thema geschult werden, ohne dass kontext- oder situationsspezifische Anforderungen an die Lehrinhalte existieren, was der generischen Anforderung (CAP1) des zeitlich flexiblen Wissensaufbaus entgegensteht:

„Sie (die Mitarbeiter, Anmerkung des Verfassers) haben es gelernt, [...] mit einem bestimmten Messmittel [...] umzugehen, die Programme entsprechend einzustellen. Dann sind sie vielleicht [...] ein halbes Jahr in einem anderen Bereich eingesetzt [...]. Dann kommt er nach einem halben Jahr wieder zurück und dann hat er natürlich diese [...] gelernten Fertigkeiten [...] durchaus vergessen [...]“ (Zitat Führungskraft QS)

Erschwerend kommt als Problem (P2) hinzu, dass es durch den flexiblen Einsatz der Mitarbeiter schwierig ist, abteilungsübergreifende Termine für gemeinsame Schulungen zu finden, was die generische Anforderung (CAP1) weiter substantiviert. Im Extremfall fallen die bereits organisierten Schulungen aufgrund von spontanen Änderungen im Arbeitsplan sogar aus:

„[...] wir bieten bestimmte Schulungen an, halten uns ein Zeitfenster frei [...]: Dann stehen wir bereit, Messmittel, alles haben wir entsprechend hergerichtet und dann kommt [...] kein Mitarbeiter, weil plötzlich krank, nicht da, muss anderweitig eingesetzt werden, weil wir einen Engpass an einer anderen Maschine haben.“ (Zitat Führungskraft QS)

5.3.2 Stufe 2: Mentoring im sozialisierenden Kontext

In der Qualitätssicherung der Fertigung teilen sich zwei erfahrene Mitarbeiter unterschiedlicher Spezialisierungen ein Büro, lösen auftretende Probleme gemeinsam direkt auf dem Shopfloor und übertragen so gegenseitig Wissen auf einander. D.h. beide Mitarbeiter laufen für mehrere Wochen zusammen an die Maschinen und Anlagen, um die Produktionsmitarbeiter zu unterstützen und Probleme zu lösen. Im

Fälle von neuen oder weiter auszubildenden Mitarbeitern erfolgt das Mentoring nur in eine Richtung. Für diese Mitarbeiter wird der Mentor im Einarbeitungsplan festgelegt.

Das Problem (P3) dieses Ansatzes ist, dass sich der Lehrinhalt ausschließlich an den tatsächlich auftretenden Gegebenheiten und Problemen definiert. Das heißt, dass einerseits nur Wissen über Probleme transferiert wird, die in diesem Zeitraum auftreten. Andererseits verbleibt das Gelernte ausschließlich in dieser Dyade und ist für andere Mitarbeiter und Mentoring-Gruppen somit nicht zugänglich, was der Anforderung (CAP2) eines teilbaren Erfahrungswissens im Weg steht:

„Die Störung an sich wird zwar dokumentiert, aber der Weg dahin und die Störungsbeseitigung, das ist also wenig beschrieben, [...]. Das ist [...] die Erfahrung des Mitarbeiters, [...]“ (Zitat Führungskraft QS)

5.3.3 Stufe 3: Situative, persönliche Unterstützung im physischen Kontext

Hierbei tritt die QS als Helfer bei schwierigen Problemen und Störungen gegenüber den Produktionsmitarbeitern auf. Diese Experten sind eine begrenzte Ressource, da sie über Langzeiterfahrung im Unternehmen verfügen müssen:

„Die Mitarbeiter, die lange in dem Bereich tätig sind, die beheben die Störung, sagen dem Mitarbeiter: Hei, so oder so musst du es das nächste Mal machen, [...]“ (Zitat Führungskraft QS)

Die Situation wird noch verschärft, da die hilfeschuchenden Mitarbeiter in der Regel keine Vorleistungen erbringen. D.h. bekommt der Experte vorher keine Information von seinen Kollegen vor Ort (z.B. vom Einsteller), muss er sich beim Eintreffen erst selbst ein Bild der Situation machen:

„[...] wenn er bloß sagt: Ja, der (Kolben, Anmerkung des Verfassers) geht nicht rein [...]: Ja, dann habe ich verschiedene Kriterien wie Durchmesser, Rundheit oder Konizität oder wie auch immer. Wenn ich da schon gewisse Sachen von vornherein als nicht so dringlich erachten kann, dann kann ich mich auf die [...] möglicherweise eigentliche Ursache besser konzentrieren.“ (Zitat QS-Mitarbeiter)

Das Problem (P4) dieses Settings ist die Verfügbarkeit und Auslastung dieser Experten und bekräftigt die Anforderung (CAP3) nach selbstständigen Problemlösungskompetenzen. Fehlt diese Kompetenz, müssen die anfallenden Probleme warten, bis ein Experte verfügbar ist.

Zusammenfassend lässt sich also festhalten, dass in der kürzlich reorganisierten flexiblen Arbeitsumgebung Probleme entstehen, wenn Mitarbeiter (1) unabhängig vom Arbeitskontext geschult werden, (2) weiterhin in formellen Kontexten geschult werden, (3) sich Erfahrungswissen in Kleingruppen aneignen, dadurch Lernziele verpassen oder das eigene Wissen nicht weitergeben können und (4) durch Experten unterstützt werden, die ihnen die komplette Problemlösungsarbeit abnehmen.

6 Diskussion

Die identifizierten abstrakten Probleme lassen sich einerseits aus der Literatur argumentativ ableiten, mit dem Fallbeispiel konnten wir aber zeigen, wie sich diese in einem realen Unternehmen in einer Transitionsphase hin zu Industrie 4.0 manifestieren.

In den folgenden Sektionen bieten wir eine Diskussion an, wie sich die neuen Ansätze von Industrie 4.0 eignen würden, um eine angemessene Lernunterstützung zu ermöglichen.

6.1 „Industrie 4.0“-Technologien als Enabler zukünftiger Lernarrangements

Wir kombinieren die Ansätze des kontextsensitiven mobilen Lernens mit der Vision von cyber-physischen-Systemen, um die angeführten Anforderungen zu erfüllen. In einem Industrieumfeld lässt sich der Lernkontext durch den Zustand der Produktion und der aktuellen Tätigkeit der Mitarbeiter beschreiben. Soll ein Lernsystem kontextsensitiv sein, muss es Zugang zu diesen Informationen erhalten. In einem „Industrie 4.0“-Umfeld existieren diese Daten bereits in Form von vernetzten IoT-Systemen¹, die fortlaufend den Zustand der Maschinen überwachen. Dadurch werden Informationen zu (sich anbahnenden) Problemsituationen zugänglich, wodurch das Lernsystem die relevanten Inhalte offerieren kann, um damit die notwendige Unterstützung zur Problemlösung zu bieten und direkt ein problemorientiertes Lernen [vgl. 36] zu unterstützen.

Diese Sensoren erfassen (als Teil der Mensch-Maschine-Schnittstelle) auch die Handlungen der Bediener. Dies liefert dem Lernsystem Rückschlüsse auf die korrekte Ausführung der zur Problemlösung erforderlichen Operationen und der darin inhärent enthaltenen Lernziele. Dies transportiert somit den sensorbasierten Ansatz aus der Medizinausbildung [25] in die Produktionsumgebung.

Bei bislang unbekannten Problemen können Bedienungsabläufe aufgezeichnet werden. Damit wird Feedback über die Problemlösung geliefert (neues Wissen extrahiert), das anderen zur Verfügung gestellt werden kann.

Erkennt das System Lernmöglichkeiten und lässt die Umgebung eine Lernepisode zu, bietet das Lernsystem dies automatisch an. Dies unterstützt das individualisierte Lernen und kann den aktuellen Kontext berücksichtigen oder frei davon (irrelevanter Kontext) Weiterbildung ermöglichen. Tritt ein unbekanntes Problem auf, entscheidet das System, ob ein bekannter Lösungsweg vorhanden ist oder ein Experte herangezogen werden muss. Via Audio/Video-Telekooperation können die Experten bei Bedarf vorerst auch nur remote eingebunden werden. Wenn Bild und Ton aufgezeichnet wird, kann das so entstandene Material auch anderen Gruppen und Mitarbeitern zur Verfügung gestellt werden. Augmented Reality lässt die Grenzen zwischen Arbeits- und Lernkontext vollständig verschwinden. Dadurch, dass kein zusätzliches Gerät mehr in der Hand gehalten oder damit bedient werden muss, wird ein echt paralleles Arbeiten und Lernen möglich was die bisherigen Ansätze mobiler Lern-Technologien im Industrieumfeld erweitert [26].

¹ Internet of Things: „intelligente Objekte“, welche an den Cyberspace angebunden und miteinander vernetzt sind, unterstützen den Menschen, ohne abzulenken oder aufzufallen. [37]

6.2 Konzept zukünftiger Lernarrangements

Auf dieser Basis zielen die Gestaltungsüberlegungen daher auf das Konzept des mobilen, kontextsensitiven Lernens ab, um den zukünftigen Bedarf an Aus- und Weiterbildung umfänglich zu adressieren. Die schon in der Praxis erfolgreich angewendeten didaktischen Datenbanken [20] können durch den gezeigten integrierten Ansatz nochmals deutlich aufgewertet werden. Die damit für den Nutzer einhergehenden Transaktionskosten (Suchen und Konsumieren) könnten durch Automatisierung unter Einbezug der Kontextinformation verringert werden.

Um die Auswirkungen dieser Entwicklungen zu zeigen, wollen wir nun kurz darstellen, wie sich die in der Fallstudie identifizierten Lernarrangements verändern ließen. Abbildung 2 zeigt eine Übersicht der Lernangebote nach einer solchen Transformation. Man sieht, dass der irrelevante Kontext jetzt nutzbar wird und große Teile der formellen Lehrsituationen aufnimmt. Entsprechend der Anforderung CAP1 werden Lerninhalte für Novizen und Fortgeschrittene dynamisch, orts- und zeitunabhängig abrufbar. Weiterhin können Qualifikationsmaßnahmen mit zugehörigen Lernkontrollen in diesen Kontext transportiert werden, die notwendig sind, um Arbeitsplatzanforderungen zu erfüllen und welche vorher ausschließlich dem formalisierten Kontext vorbehalten waren.

Die im „Industrie 4.0“-Umfeld mögliche Auswertung von Telemetriedaten für eine präventive oder Problem-Analyse ist nun ebenfalls orts- und zeitunabhängig möglich. Hierbei wird auch ein situatives Lernen [vgl. 38] unterstützt, indem anhand von Maschinendaten zeitnah die Auswirkungen von geänderten Einstellungen analysiert werden können.

Gänzlich auflösen lässt sich der formalisierte Kontext aber nicht [39] und würde auch weiterhin für Pflichtveranstaltungen, wie Grundlagenschulungen und praktische Übungen/Prüfungen im Rahmen von Qualifikationsmaßnahmen, genutzt werden können.

Im Zentrum der Innovation steht die Unterstützung des arbeitsprozessbegleitenden Lernens im physischen Kontext – d.h. direkt an der laufenden Maschine und parallel zur Produktion, was direkt die Anforderung CAP3 adressiert. Sowohl hierbei, als auch bei der, in komplexeren Problemsituationen notwendigen, Expertenunterstützung würde das System den Lernenden mit bekanntem Problemlösungswissen unterstützen und ermöglichen, neu erarbeitetes Wissen zu externalisieren und im Unternehmen zu verteilen um somit die Anforderung CAP2 zu unterstützen. Dabei soll der soziale Kontakt zwischen Ratsuchendem und Experten ungestört verlaufen können – das System dient hier lediglich zur (Nach-) Dokumentation und zum Wissenstransport.

Eine weitere Innovation stellt die Unterstützung der Belegschaft im sozialisierten Kontext durch eine entsprechend gestaltete Community für die Diskussion und Lösung von nicht-akuten Problemen (akute Probleme müssen sofort gelöst werden) dar. Hier findet ein Lernen direkt zwischen den Mitarbeitern auf Shopfloor-Ebene statt.

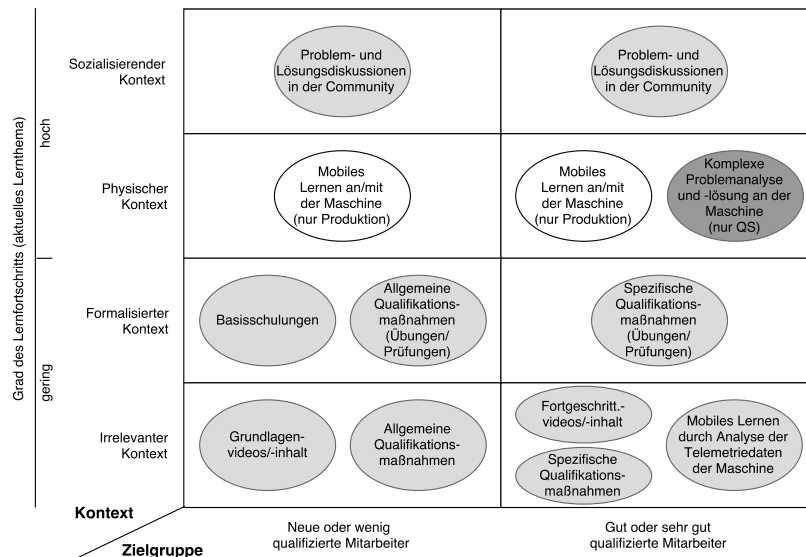


Abbildung 2. Lernarrangements bei der AZ AG mit optimierter Lösung

Die ohnehin schon existierenden sozialisierten Kleingruppen an den Anlagen, welche aus den Mitarbeitern der entsprechenden Arbeitsschichten bestehen, werden somit ausgedehnt und schichtübergreifend, anlagenübergreifend, zeit- und orts-unabhängig in ihrer Kommunikation unterstützt. Durch die individuelle Förderung der Mitarbeiter werden Kompetenzen anhand des tatsächlichen Bedarfs aufgebaut. Bedarfsanalysen im klassischen Sinne entfallen, da sich das System selbst reguliert – nicht mehr gebrauchtes Wissen wird vergessen und benötigtes Wissen punktgenau akquiriert. Die Personalkompetenz passt sich damit auch global den wechselnden Bedürfnissen des Unternehmens an. So behält der Mensch seine wichtige Rolle als Entscheidungsträger auch bei weiterer Zunahme der Komplexität in der Produktion.

Dieses Paper beschreibt dabei erst den Anfang des Design Research Prozesses. Momentan ist die Erkenntnis über mögliche Lösungen noch limitiert. Einerseits, weil sich die Untersuchung bisher nur auf einen konkreten Fall stützt und, weil die vorgeschlagenen Lösungen noch nicht im Unternehmen eingeführt sind. Andererseits zeigt sich durch diese Konstellation die praktische Relevanz am Fallbeispiel und im Laufe des Projektes können die vorgeschlagenen Interventionen in einem echten Kontext erprobt werden.

Acknowledgements

Dieses Projekt wird finanziert durch das Forschungs- und Innovationsprogramm Horizont 2020 der Europäischen Union unter der Projektnummer 636778. Wir danken Alexander Richter für seine Unterstützung.

Referenzen

1. Bauernhansl, I.T.: Die Vierte Industrielle Revolution–Der Weg in ein wertschaffendes Produktionsparadigma. In: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. pp. 5–35. Springer (2014).
2. Stocker, A., Brandl, P., Michalczuk, R., Rosenberger, M.: Mensch-zentrierte IKT-Lösungen in einer Smart Factory. e & i Elektrotechnik und Informationstechnik. 131, 207–211 (2014).
3. Davis, J., Edgar, T., Porter, J., Bernaden, J., Sarli, M.: Smart manufacturing, manufacturing intelligence and demand-dynamic performance. Computers & Chemical Engineering. 47, 145–156 (2012).
4. Hermann, M., Pentek, T., Otto, B.: Design Principles for Industrie 4.0 Scenarios. In: 2016 49th Hawaii International Conference on System Sciences (HICSS). pp. 3928–3937. IEEE (2016).
5. Nonaka, I., Takeuchi, H.: The Knowledge-Creating Company: How Japanese Companies Create the Dynamics of Innovation. Oxford University Press (1995).
6. Polanyi, M.: The tacit dimension. Routledge & Kegan Paul, London (1966).
7. Froberg, D., Göth, C., Schwabe, G.: Mobile learning projects—a critical analysis of the state of the art. Journal of computer assisted learning. 25, 307–331 (2009).
8. Traxler, J.: Current state of mobile learning. In: Mobile learning. pp. 9–24. AU Press, Athabasca University, Edmonton (2009).
9. Kearney, M., Schuck, S., Burden, K., Aubusson, P.: Viewing mobile learning from a pedagogical perspective. Research in learning technology. 20, (2012).
10. Hou, H.-T., Wu, S.-Y., Lin, P.-C., Sung, Y.-T., Lin, J.-W., Chang, K.-E.: A Blended Mobile Learning Environment for Museum Learning. Educational Technology & Society. 17, 207–218 (2014).
11. Grant, R.M.: Toward a knowledge-based theory of the firm. Strategic management journal. 17, 109–122 (1996).
12. Scheer, P.D.D. h c mult A.-W.: Industrie 4.0: Von der Vision zur Implementierung. In: Obermaier, R. (ed.) Industrie 4.0 als unternehmerische Gestaltungsaufgabe. pp. 35–52. Springer Fachmedien Wiesbaden (2016).
13. Kagermann, H.: Chancen von Industrie 4.0 nutzen. In: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. pp. 603–614. Springer (2014).
14. Nelles, J., Kuz, S., Mertens, A., Schlick, C.M.: Human-centered design of assistance systems for production planning and control: The role of the human in Industry 4.0. In: 2016 IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT). pp. 2099–2104. IEEE (2016).
15. Ahrens, D., Spöttl, G.: Industrie 4.0 und Herausforderungen für die Qualifizierung von Fachkräften. In: Digitalisierung industrieller Arbeit. pp. 184–205. Nomos Verlagsgesellschaft mbH & Co. KG (2015).
16. Stich, V., Gudergan, G., Senderek, R.: Arbeiten und Lernen in der digitalisierten Welt. In: Digitalisierung industrieller Arbeit. pp. 108–131. Nomos Verlagsgesellschaft (2015).
17. Schermuly, C.C., Schröder, T., Nachtwei, J., Kauffeld, S., Gläs, K.: Die Zukunft der Personalentwicklung. Zeitschrift Für Arbeits-Und Organisationspsychologie A&O. (2012).
18. Kauffeld, S.: Nachhaltige Weiterbildung. Betriebliche Seminare und Trainings entwickeln, Erfolge messen, Transfer sichern. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, Berlin (2010).

19. Krisor, S.M., Rowold, J., Block, C.: Personalentwicklung. In: Human Resource Management. pp. 173–185. Springer (2015).
20. Negri, C.: Angewandte Psychologie für die Personalentwicklung. Springer (2010).
21. Engert, V.: Mobile Lernmöglichkeiten in der Automobilindustrie. In: de Witt, C. and Sieber, A. (eds.) Mobile Learning. pp. 205–217. Springer Fachmedien Wiesbaden (2013).
22. Kolb, D.A.: Experiential learning: Experience as the source of learning and development. Prentice Hall, Englewood Cliffs, NJ (1984).
23. Schlick, J., Stephan, P., Loskyll, M., Lappe, D.: Industrie 4.0 in der praktischen Anwendung. In: Industrie 4.0 in Produktion, Automatisierung und Logistik. pp. 57–84. Springer (2014).
24. Huang, Y.-M., Chiu, P.-S.: The effectiveness of a meaningful learning-based evaluation model for context-aware mobile learning. *British Journal of Educational Technology*. 46, 437–447 (2015).
25. Wu, P.-H., Hwang, G.-J., Su, L.-H., Huang, Y.-M., others: A Context-Aware Mobile Learning System for Supporting Cognitive Apprenticeships in Nursing Skills Training. *Educational Technology & Society*. 15, 223–236 (2012).
26. deWitt, C., Gloerfeld, C.: Mobile Learning - Process oriented learning and informing in changing working environments. Coordination, scientific guidance and didactical consulting, social network for Mobile Learning in working processes. (2013).
27. Hattinger, M., Eriksson, K.: Action Design Research: Design of e-WIL for the Manufacturing Industry. In: AMCIS 2015, Puerto Rico. pp. 1–14 (2015).
28. Hevner, A., March, S., Park, J., Ram, S.: Design Science in Information Systems Research. *Management Information Systems Quarterly*. 28, 75–105 (2004).
29. Peffers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M.A., Chatterjee, S.: A design science research methodology for information systems research. *JMIS*. 24, 45–77 (2007).
30. Sonnenberg, C., vom Brocke, J.: Evaluations in the science of the artificial—reconsidering the build-evaluate pattern in design science research. In: International Conference on Design Science Research in Information Systems. pp. 381–397. Springer (2012).
31. Lee, J.S., Pries-Heje, J., Baskerville, R.: Theorizing in design science research. In: Service-Oriented Perspectives in Design Science Research. pp. 1–16. Springer (2011).
32. Baskerville, R., Pries-Heje, J.: Explanatory design theory. *Business & Information Systems Engineering*. 2, 271–282 (2010).
33. Loftus, G.R.: Evaluating forgetting curves. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition*. 11, 397 (1985).
34. Pimmer, C., Pachler, N.: Mobile learning in the workplace: Unlocking the value of mobile technology for work-based education. *Increasing Access*. 193 (2014).
35. Rosson, M.B., Carroll, J.M.: Usability engineering: scenario-based development of human-computer interaction. Morgan Kaufmann (2002).
36. Haake, J., Schwabe, G., Wessner, M.: CSCL-Kompodium 2.0: Lehr-und Handbuch zum computerunterstützten kooperativen Lernen. Walter de Gruyter (2012).
37. Mattern, F., Floerkemeier, C.: Vom Internet der Computer zum Internet der Dinge. *Informatik-Spektrum*. 33, 107–121 (2010).
38. Brown, J.S., Collins, A., Duguid, P.: Situated cognition and the culture of learning. *Educational researcher*. 18, 32–42 (1989).
39. Sharples, M., Taylor, J., Vavoula, G.: A theory of learning for the mobile age. In: Medienbildung in neuen Kulturräumen. pp. 87–99. Springer (2010).